

МСТИСЛАВ ВСЕВОЛОДОВИЧ КЕЛДЫШ И МЕХАНИКА

Академик ИШЛИНСКИЙ А. Ю.

Обычно, когда хотят охарактеризовать деятельность ученого, прежде всего говорят о его личных и гражданских достоинствах, научном и организационном талантах, подробно излагают содержание научных работ и тех научных направлений, которыми он руководил или становлению и развитию которых способствовал. Сделать это в отношении такого крупного ученого, каким был академик Мстислав Всеволодович Келдыш, — задача не из легких. Её выполнение требовало бы написания целой книги. Несомненно, эта полезная для истории науки и техники работа должна быть сделана.

Колоссальная эрудиция, умение с поразительной быстротой разбираться в сложных научных вопросах, найти в них главное, привлечь к решению талантливую молодежь и предложить разумные организационные формы для дальнейшей работы — именно эти качества, а также политическая зрелость и крупные личные научные результаты по математике и механике привели М. В. Келдыша в 1961 г. на пост руководителя советской науки — президента Академии наук СССР, которую он возглавлял до 1975 г.

Ученые бывают разные. Иные в течение всей своей жизни трудятся в избранном направлении, и нередко с успехом, получая время от времени собственные конкретные результаты и публикуя их на страницах научных журналов и книг. Другие, достигнув известного научного признания, становятся руководителями научных коллективов и научных институтов. Талант ученого сосредоточивается при этом на определении важнейших направлений науки, правильной оценке научных результатов и способностей своих сотрудников, на доброжелательной, но строгой критике их работ, на внимании к прикладным задачам науки и на внедрение её достижений в народное хозяйство страны на пользу общественного развития. Труд научного руководителя, как правило, связан с жертвой немалой доли личной научной работы во имя расцвета исследований в целом коллективе или, как у Мстислава Всеволодовича, в руководимом им одном из академических институтов и в Академии наук.

К сожалению, труд научного руководителя и организатора науки оценить значительно сложнее, чем научные работы, опубликованные в печати, или творения в металле замечательных конструкторов и инженеров нашей страны. Результаты деятельности организатора науки дают о себе знать лишь через несколько лет, а иногда и десятилетий. Поэтому мы, хотя уже и сейчас ощутили исключительную роль Мстислава Всеволодовича Келдыша в развитии Академии наук, в полной мере это оценим лишь впоследствии.

Несмотря на исключительную занятость, определяемую работой большой государственной важности, собственные научные исследования Мстислава Всеволодовича продолжались до последнего дня его жизни. Они касаются многих тонких вопросов математики и механики и их

приложений к технике. Все эти исследования получили мировое признание.

В 30-х годах, после окончания Московского университета, Мстислав Всеволодович начал работать в одном из самых замечательных научно-исследовательских институтов нашей страны — в Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ), носящем имя великого ученого, создателя теории авиации — Николая Егоровича Жуковского.

Теоретическими исследованиями в этом институте руководил Сергей Алексеевич Чаплыгин, мало в чем уступавший по научной силе своему учителю Н. Е. Жуковскому. Можно смело утверждать, что М. В. Келдыш — достойный их продолжатель. Вот один тому пример.

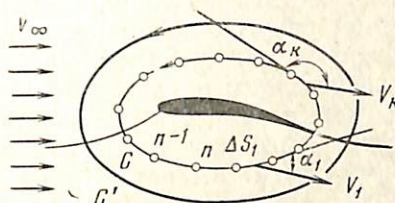


Рис. 1

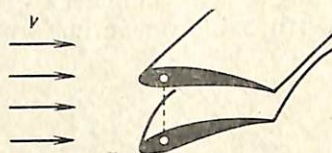


Рис. 2

Рис. 1. Циркуляция скорости вокруг крыла. Сумма $\Delta s_1 V_1 \cos \alpha_1 + \Delta s_2 V_2 \cos \alpha_2 + \dots + \Delta s_n V_n \cos \alpha_n$ тем ближе к величине циркуляции Γ , чем мельче части Δs_k замкнутой линии C (k — порядковый номер); α_k — угол между направлением касательной к какой-либо точке дуги Δs_k и скоростью V_k — частицы воздуха, оказавшейся в этой точке. Поток воздуха обтекает крыло, имея вдали от него скорость V_∞ .

Рис. 2. Изгиб и кручение крыла при флаттере. Аэродинамические силы, действующие на крыло при его изгибно-крутильных колебаниях непостоянны. Они изменяются в такт этим колебаниям и могут явиться причиной их роста вплоть до поломки крыла. Верхняя часть рисунка — форма крыла при отсутствии флаттера.

Н. Е. Жуковский вывел замечательную формулу для определения величины подъемной силы крыла в невязком установившемся потоке несжимаемого, лишённого вязкости воздуха, а именно: $P = \rho V_\infty \Gamma$. В этой формуле: ρ — плотность воздуха, V_∞ — скорость удаленных на большое расстояние от крыла частиц потока воздуха относительно неподвижного крыла (или, напротив, скорость крыла по отношению к неподвижному воздуху) и Γ — величина циркуляции скорости потока вокруг крыла (смысл понятия циркуляции скорости разъясняет рис. 1). Величина циркуляции находится математическими методами (в частности посредством методов теории функций комплексного переменного) в предположении плавного обтекания крыла и условия, что скорости частиц воздуха, сбегающих с верхней и нижней частей крыла, у его задней острой кромки одинаковы и не принимают бесконечно больших значений. Это и есть так называемый постулат Н. Е. Жуковского.

Во времена Н. Е. Жуковского аэропланы летали с малой скоростью и воздух при обтекании их крыльев практически не сжимался. Поэтому предположение ученого о постоянстве плотности воздуха, т. е. величины ρ , было вполне приемлемо. Однако в тридцатых годах стало ясно, что самолеты вскоре будут летать с такими скоростями, при которых предположение Н. Е. Жуковского окажется уже неприемлемым. Как же в этом случае подсчитать подъемную силу крыла? Мстислав Всеволодович впервые рассмотрел эту задачу в строгой постановке, считая воздух сжимаемым газом. Была заново сформулирована теорема о подъемной силе крыла в установившемся дозвуковом потоке. В таком потоке скорость частиц газа всюду меньше так называемой местной ско-

рости звука, т. е. скорости звука в том же месте, где в данное мгновение находится частица (скорость звука в газе зависит от его состояния и поэтому в разных местах потока в общем случае неодинакова). В результате формула Н. Е. Жуковского была распространена и на случай движения крыльев с дозвуковыми скоростями.

Очень трудные в математическом отношении задачи возникают при исследовании неустановившегося течения потока воздуха около колеблющегося крыла. М. В. Келдыш (совместно с М. А. Лаврентьевым) впервые (также в строгой постановке, посредством конформных отображений) показал, что при некоторых периодических колебаниях крыла, помимо подъемной силы, может появиться еще и сила, тянущая крыло вперед против потока, как у летающей птицы. В частности так будет при угловых колебаниях крыла, если их частота не слишком мала.

Крыло самолета обладает заметной упругой податливостью. Оно изгибается и скручивается относительно фюзеляжа (рис. 2). Оказывается, что взаимодействие крыла с набегающим на него потоком воз-

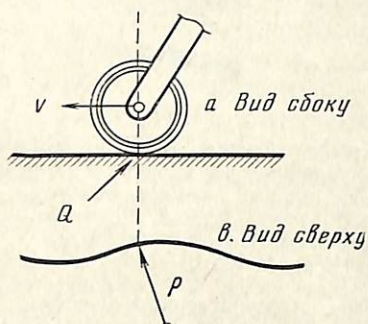


Рис. 3. Шимми переднего колеса шасси самолета. Сила Q (она перпендикулярна плоскости верхней части рисунка) препятствует боковому скольжению колеса, ρ — радиус кривизны следа колеса на посадочной дорожке (нижняя часть рисунка).

духа может привести к возбуждению упругих колебаний крыла относительно фюзеляжа самолета. Силы давления воздуха на крыло меняются при колебаниях последнего. В некоторых случаях они раскачивают крыло. Это называется аэродинамическим флаттером. Тотчас же после возникновения флаттера крыло, как правило, ломается и самолет гибнет. Уже перед войной флаттер стал сущим бедствием для авиации.

Понять, что происходит при флаттере, дать правильную схему явления, достаточно простую, чтобы её можно было положить в основу математического расчета, и вместе с тем с необходимой для практики точностью учитывающую все основные факторы, определяющие колебания крыльев и воздействие на них воздуха, — все это

требовало от ученого виртуозного владения математическими методами и одновременно глубокого понимания механики. Мстислав Всеволодович преодолел все трудности этой сложнейшей задачи аэродинамики и предложил практические решения борьбы с флаттером. Значение его работы для дальнейшего развития скоростной авиации нашей страны, и, в частности, самолетов военного времени, трудно переоценить.

Помимо флаттера, бичом самолетов было так называемое явление шимми колес при взлете и особенно при посадке. Вместо плавного качения по прямой, колесо неудачно сконструированного шасси самолета колеблется и оставляет после себя на аэродромном поле волнообразный след (рис. 3). Колесо как бы танцует, откуда и название «шимми». Чаще всего такое движение происходит с возрастающей амплитудой раскачки колеса и кончается поломкой шасси.

Основную трудность в разгадке шимми представляло выяснение связи между силами взаимодействия колеса с бетонной дорожкой аэродрома и параметрами качения по ней колеса. Мстислав Всеволодович сделал смелое предположение, что кривизна следа колеса в каждой точке этой кривой пропорциональна силе сцепления с дорожкой аэродрома (точнее, линейно от нее зависит). Эта сила удерживает колесо от проскальзывания в направлении, перпендикулярном скорости движения его центра в данное мгновение времени. Соответствующий коэф-

коэффициент пропорциональности зависит главным образом от упругих свойств пневматики колеса.

Уравнения движения колеса, составленные с учетом сделанного предположения, позволяют разобраться в явлении шимми и указать пути его полного устранения.

В механике, равно как и в других областях физики, например в электронике, новые явления происходят нередко совсем не так, как ожидается на основании предварительных теоретических исследований и расчетов.

Укажем еще на одно неожиданное явление, в разгадке которого принял участие Мстислав Всеволодович.

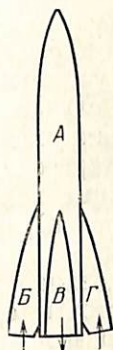


Рис. 4

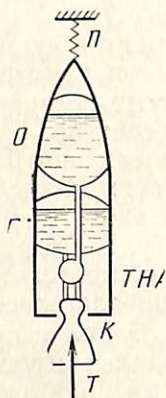


Рис. 5

Рис. 4. Схема компоновки блоков ракеты (вид сбоку и снизу): А — центральный блок; Б, В, Г, Д — боковые блоки; стрелками указаны направления движения боковых блоков относительно центрального в одно из мгновений времени при наличии у ракеты продольных колебаний.

Рис. 5. Схема, поясняющая возникновение продольных колебаний бокового блока ракеты. Пружина П имитирует упругость механической системы. При вертикальных колебаниях давление окислителя О и горючего Г на входе в турбонасосный агрегат ТНА непостоянно. Вследствие этого периодически изменяется и их подача в камеру сгорания К и сама сила тяги Т двигателя. В результате амплитуда колебаний блока может оказаться возрастающей.

Знаменитая ракета конструкции С. П. Королева, при помощи которой были запущены первые искусственные спутники Земли (а потом, с добавлением дополнительных её ступеней, были посланы автоматические космические станции и космические корабли со славными советскими космонавтами), имела четыре боковых блока, окружающих основной, центральный блок (рис. 4). Двигатели центрального и боковых блоков запускались при старте одновременно. После выгорания топлива боковые блоки отделялись, и ракета продолжала движение, не будучи отягощенной массой корпуса и двигателей — уже ненужных её составных частей. Однако после запусков первых искусственных спутников Земли, в последующих экземплярах ракет стали возбуждаться расходящиеся продольные колебания боковых блоков относительно центрального, приводившие к нарушению нормального полета ракеты.

Причина, которая вызывала появление неустойчивых, возрастающих во времени упругих колебаний боковых блоков в продольном направ-

лении, оказалась в непостоянстве реактивной силы, развиваемой работающим двигателем (рис. 5). Последняя зависит от давления, под которым горючее и окислитель подаются в камеру сгорания, а это давление, в свою очередь, изменяется в такт продольным колебаниям бокового блока из-за наличия в его баках жидкого топлива и жидкого кислорода. Числовые параметры, характеризующие эту механическую систему, вместе с имеющимся в ней естественным сопротивлением колебаниям могут в ряде случаев оказаться такими, при которых возможна раскачка бокового блока относительно центрального. Любопытно, что иногда соседние блоки совершали колебания в противофазе, т. е. если два какие-либо диаметрально противоположные по отношению к продольной оси ракеты блока двигались к головной части ракеты, то два остальных — к её хвосту (рис. 4).

Понять причины возникновения того или иного механического явления — это уже большая часть труда по его устранению (если такое явление нежелательно). Так было и в данном случае. После введения дополнительных элементов (типа динамических успокоителей) было нарушено сочетание параметров, при которых в рассматриваемой механической системе возникают неустойчивые колебания. Тем самым опасность была устранена. К моменту полета Юрия Гагарина об этих колебаниях уже успели забыть.

Рассказ о работах Мстислава Всеволодовича Келдыша в области механики мог бы занять много страниц, которые составили бы весьма поучительную книгу. В его работах с большим пониманием дела выявлялись основные обстоятельства, определяющие изучаемое механическое явление, и предлагалось тем самым то, что обычно называется моделью явления. Далее, с присущей Мстиславу Всеволодовичу элегантностью, проводился строгий исчерпывающий математический анализ с последующими практическими заключениями. Так строили свои исследования Н. Е. Жуковский и С. А. Чаплыгин. Мстислава Всеволодовича отличает лишь еще большая мощь математического аппарата, которым он владел в совершенстве. Отметим вместе с тем, что многие математические теоремы и формулы установлены М. В. Келдышем именно на обобщении «материала» механических задач.

Как и свойственно действительно крупным ученым, Мстислав Всеволодович щедро сеял идеи новых исследований в кругу своих коллег и учеников. Многие их конкретные научные результаты — плодотворные всходы этих идей.

Наука в союзных республиках

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ В МОЛДАВСКОЙ ССР

ТАРАСОВ О. Ю. [Кишинев]

Молдавский народ прошел большой, трудный путь и создал яркую самобытную культуру. За многовековую историю земля Молдавии дала много талантливых ученых. Еще в XVII и XVIII вв. европейскую известность получили труды Н. Г. Милеску-Спафария и Д. Кантемира. Но турецкий гнет тяжело сказался на состоянии образования и культуры в крае, и вплоть до XIX в. естественнонаучные и технические знания накапливались медленно. Этот процесс ускорился после свержения при поддержке России турецкого ига и присоединения Бессарабии к России. Традиционные научные и культурные связи между Молдавией и Россией стали теснее и плодотворнее.

В XIX — начале XX в. в Бессарабии вели исследовательскую работу А. Д. Денгинк, А. И. Гросул-Толстой, И. М. Красильщик, П. И. Роговский, Н. К. Могилянский, А. Г. Барладян, Ф. С. Поручик, А. В. Корчак-Чепурковский, А. Д. Коцовский, И. К. Шептелич-Херцеско, А. М. Мануйлов и другие. Почетными членами Бессарабского общества естествоиспытателей и любителей естествознания были видные русские ученые П. И. Семенов-Тянь-Шанский, Ф. В. Овсянников, Н. В. Горонович, М. А. Мензбир.

Уроженцы Молдавии Л. В. Писаржевский, Н. В. Склифосовский, Н. Д. Зелинский, Л. С. Берг, А. В. Щусев, А. Н. Фрумкин, Л. А. Тарасевич, Н. А. Димо и др. внесли крупный вклад в развитие отечественной науки.

Однако, несмотря на усилия отдельных ученых-энтузиастов, до революции научные исследования в Молдавии не получили широкого развития. Оккупация Бессарабии с 1918 по 1940 гг. также наложила отпечаток на развитие науки и культуры. Планомерная работа по организации научных исследований осуществлялась, как и весь процесс социалистического переустройства, не одновременно на всей нынешней территории республики. В районах, расположенных на левом берегу Днестра, культурные и экономические преобразования, являющиеся необходимой основой для развития науки, начались сразу же после победы Великого Октября и широко развернулись в созданной в 1924 г. Молдавской АССР. Уже в 20—30-е годы здесь создаются первые научные учреждения и вузы*. Начинаются исследования в области химии, математики, биологии, сельскохозяйственных наук. Последние имели особенно важное значение для развивающегося народного хозяйства Молдавии и развернулись в первых высших учебных заведениях, а также на созданных в начале 30-х годов опытных сельскохозяйственных станциях. Одновременно велась подготовка научных кадров в вузах и научных учреждениях Москвы, Киева, Харькова, Одессы. Формировавшаяся к этому времени в СССР единая общегосударственная система организации научных исследований позволяла молдавскому народу использовать все новейшие до-

* О внимании партии и правительства к организации научных исследований свидетельствует тот факт, что уже в 1933 г. расходы на науку и народное образование составили 48% всего госбюджета республики. К 1941 г. в Молдавии уже насчитывалось 10 научно-исследовательских учреждений и вузов.